

**ANX-PR/CL/001-01**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Introducción a la información, computación y algorítmica cuántica

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Introducción a la información, computación y algorítmica cuántica
<b>Titulación</b>	10MI - Grado en Matemáticas e Informática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos
<b>Semestre/s de impartición</b>	Octavo semestre
<b>Materias</b>	Optatividad
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	105000346
<b>Nombre en inglés</b>	Introduction to quantum information, computation and algorithmics

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	6	<b>Curso</b>	4
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Grado en Matemáticas e Informática no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Grado en Matemáticas e Informática no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

El coordinador de la asignatura no ha definido otros conocimientos previos recomendados.

## Competencias

---

- CE25 - Conocer los campos de aplicación de las matemáticas y la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad en, por lo menos, una situación.
- CE26 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.
- CE39 - Conocimiento de tecnologías punteras relevantes y su aplicación.
- CG01 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
- CG02 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en las áreas de la matemática y la informática.
- CG06 - Capacidad para trabajar dentro de un equipo, organizando, planificando, tomando decisiones, negociando y resolviendo conflictos, relacionándose, y criticando y haciendo autocrítica.
- CG10 - Capacidad para usar las tecnologías de la información y la comunicación.

## Resultados de Aprendizaje

---

- RA123 - Conocer alguno de los campos situados en la frontera entre las matemáticas y la informática, que están en la base de nuevas tendencias y desarrollos.
- RA121 - Dado un problema real elegir las herramientas matemáticas o la tecnología informática más apropiada para su solución y diseñar su desarrollo e integración, analizando la viabilidad de su solución.
- RA122 - Desarrollar la solución matemática y algorítmica mas apropiada a un problema matemático o informático que requiera un tratamiento especialmente complejo, analizando y exponiendo su viabilidad.
- RA120 - Dado un campo de aplicación de las matemáticas o de la informática, evaluar y diseñar la solución más apropiada para resolver alguno de sus problemas, exponiendo las dificultades técnicas y los límites de la aplicación.

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Martin Ayuso, Vicente ( <b>Coordinador/a</b> )	5210	vicente.martin@upm.es	

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### Personal Investigador en Formación o Similar

Nombre	e-mail	Profesor Responsable
Rosales Bejarano, Jose Luis	jose.rosales@fi.upm.es	Martin Ayuso, Vicente

## Descripción de la Asignatura

---

El curso pretende dar un panorama del creciente tema de la Información y Computación Cuántica desde un punto de vista de Ciencias de la Computación. Es éste un nuevo paradigma en computación que permite resolver problemas que clásicamente o bien son imposibles (como es el caso de la transmisión de claves con secreto garantizado) o con una complejidad computacional menor (como en el algoritmo de Grover, para búsquedas no dirigidas) que puede llegar a cambiar de orden de complejidad con respecto al mejor algoritmo clásico conocido (como el Algoritmo de Shor, que factoriza números en tiempo polinomial, rompiendo así los sistemas de clave pública habituales, como son la RSA, Diffie-Hellman o los basados en curvas elípticas). Un aspecto más desconocido, pero muy importante para la industria es su uso para resolver problemas de optimización, lo que tiene implicaciones desde farmacología a problemas de camino mínimo o para inteligencia artificial. Son estos últimos algoritmos los que han despertado el interés de gigantes en el mundo de la informática como Google, Microsoft o IBM. El curso acabará con un panorama de estos métodos y una breve descripción del hardware que se está usando para implementar los nuevos ordenadores cuánticos.

## Temario

---

1. Conceptos fundamentales
  - 1.1. La información es física: qubits.
  - 1.2. Los fundamentos de la mecánica cuántica
  - 1.3. Computación cuántica
  - 1.4. Información cuántica
  - 1.5. Realizaciones experimentales de los conceptos y algoritmos fundamentales.
2. Criptografía cuántica
  - 2.1. Ideas y algoritmos fundamentales en Criptografía Cuántica
  - 2.2. Criptografía cuántica en la práctica.
3. Algoritmos fundamentales en Computación Cuántica
  - 3.1. Búsqueda Cuántica: Algoritmo de Grover.
  - 3.2. Factorización: Algoritmo de Shor.
4. Optimización Cuántica
  - 4.1. Quantum annealing
  - 4.2. Aplicaciones.
5. Implementaciones físicas de la Computación Cuántica.
  - 5.1. Puertas básicas.
  - 5.2. Realizaciones del concepto de ordenador cuántico.

## Cronograma

**Horas totales:** 64 horas

**Horas presenciales:** 64 horas (41%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<b>Introducción a la Información y Computación Cuántica</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 2	<b>Tema 1. Conceptos Fundamentales. Qubits</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 1.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 3	<b>Tema 1. Conceptos Fundamentales de la mecánica cuántica.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 1.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 4	<b>Tema 1. Conceptos Fundamentales de la mecánica cuántica.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 1.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 5	<b>Tema 1. Conceptos Fundamentales de la mecánica cuántica.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 1.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 6	<b>Tema 2: Criptografía Cuántica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 2.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 7	<b>Tema 2: Criptografía Cuántica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 2.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 8				<b>Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Primera parte</b> Duración: 04:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad presencial
Semana 9	<b>Tema 3. Algoritmos Fundamentales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 3.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 10	<b>Tema 3. Algoritmos Fundamentales: Grover</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 3.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	

Semana 11	<b>Tema 3. Algoritmos Fundamentales: Shor</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 3.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 12	<b>Tema 4. Optimización Cuántica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 4.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 13	<b>Tema 4. Optimización Cuántica. Quantum annealing</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 4.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 14	<b>Tema 4. Optimización Cuántica. Quantum annealing</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 4.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 15	<b>Tema 5: Implementaciones de la Computación Cuántica.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 5.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	
Semana 16				<b>Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Segunda parte.</b> Duración: 04:00 TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Actividad presencial
Semana 17				<b>Examen Final - Teoría</b> Duración: 01:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Primera parte	04:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	50%	3 / 10	CE25, CE26, CE39, CG01, CG02, CG10, CG06
16	Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Segunda parte.	04:00	Evaluación continua	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Sí	50%	3 / 10	CE25, CE26, CE39, CG01, CG02, CG10, CG06
17	Examen Final - Teoría	01:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CE25, CE26, CE39, CG01, CG02, CG10, CG06

## Criterios de Evaluación

El método de evaluación normal de la asignatura es el de evaluación continua. Conforme a la normativa UPM, se admite también el método de evaluación única para aquellos alumnos que así lo deseen. Para ello, deberán solicitarlo por escrito al coordinador de la asignatura, como es habitual, en un plazo no superior a 30 días tras el inicio de las clases.

### Evaluación continua:

Para poder ser evaluado de manera continua se requiere una asistencia mínima del 60% a las actividades presenciales de la asignatura.

La calificación se obtendrá mediante la presentación ante la clase de dos trabajos/proyectos y los correspondientes informes/memorias, que serán realizados individualmente o por grupos con un máximo de dos componentes.

Las presentaciones serán breves (10-15 min.) y la consiguiente discusión del tema presentado por la clase. Los temas concretos de discusión se asignan durante las clases de la asignatura y también pueden ser propuestos por los estudiantes. Se evaluará positivamente tanto que el tema sea propuesto por los estudiantes como el que levante el interés de la clase y sea discutido por todos. Las presentaciones tendrán lugar en las clases establecidas al respecto aunque, dependiendo del número de estudiantes, el desarrollo del curso y siempre que esté acordado por los que realizarán la presentación, podrá realizarse durante otras clases. Habrá 2 de estas presentaciones, correspondientes aproximadamente a cada mitad del curso. Tras la asignación del tema, el grupo deberá presentar un guión, durante las dos semanas siguientes como máximo y de unos dos folios de extensión donde hará un desarrollo previo, incluyendo bibliografía. Este escrito se evalúa con un 10% de la parte correspondiente. Las transparencias usadas durante la presentación así como cualquier material que el grupo considere necesario para su correcta comprensión y evaluación se subirán a Moodle en la correspondiente entrega.

**Evaluación única:** Acorde a la normativa de exámenes (artículo 20.2) de la universidad, se permite una evaluación única, no continua, para aquellas alumnos que así lo soliciten. Los alumnos que lo deseen deberán solicitarlo por escrito al coordinador de la asignatura en un plazo no superior a 30 días tras el inicio de las clases.

Esta evaluación consistirá en un examen de teoría y la solución de problemas propuestos. Se realizará en las fechas establecidas por jefatura de estudios.

Del mismo modo, acorde a la normativa de la universidad, se establece el **Examen Extraordinario de Julio:** una convocatoria extraordinaria que consiste en un examen del mismo tipo. Se realizará en las fechas establecidas por jefatura de estudios.

## Recursos Didácticos

---

Descripción	Tipo	Observaciones
Nielsen, Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2000.	Bibliografía	
Artículos selectos introductorios en Arxiv.org. (por ejemplo, para criptografía cuántica: <a href="http://arxiv.org/abs/quant-ph/9811056">http://arxiv.org/abs/quant-ph/9811056</a> <a href="http://arxiv.org/abs/quant-ph/0102016">http://arxiv.org/abs/quant-ph/0102016</a>	Bibliografía	
Rieffel, Polak Quantum Computing A Gentle Introduction. MIT Press 2011	Bibliografía	
Libro del curso de Preskill Computer Science 219: ?Quantum Computation en Caltech: <a href="http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html#lecture">http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html#lecture</a>	Recursos web	

## Otra Información

---